

PALE

PRZEMIESZCZENIOWE

tekst i zdjęcia: **GOLLWITZER POLSKA Sp. z o.o.**

Technologie palowe są stosowane w budownictwie od czasu wprowadzenia posadowienia głębokiego. Współcześnie klasyfikacje pali uwzględniają specyfikę technologii, oddziaływania na ośrodek gruntowy, materiał, z którego formuje się pale [1]. Obowiązujące normy wprowadzają podział na pale wiercone [2] oraz przemieszczeniowe [3]. Artykuł prezentuje wybraną grupę technologii pali przemieszczeniowych, znanych jako pale SDP (*Soil Displacement Piles*), pale FDP (*Full Displacement Piles*) lub kolumny CMC (*Controlled Modulus Column*) [4]. Różnice polegają na konstrukcji świderów, kierunku obrotów przy pograżaniu i unoszeniu wiertła, stosowaniu traconej końcówki, formowaniu trzonu pala w formie prostego walca lub śruby.

Opis technologii

Pale przemieszczeniowe wykonuje się za pomocą wiertła, na które przekazywane jest jednocześnie działanie momentu obrotowego oraz statycznej siły wciskającej. Oddziaływania te wymuszają pograżanie się wiertła w podłożu oraz przemieszczenie gruntu na boki w trakcie wiercenia, bez transportu urobku.



Ryc. 1. Świder do wykonywania kolumn CMC

Typowa głowica przemieszczeniowa (wiertło) do wykonania kolumn CMC składa się z następujących części: świdra wstępnego, buławy dogęszczającej, świdra dogęszczającego oraz stalowej żerdzi wiertnicy (ryc. 1 i 2).

Dolna część wiertła: świder wstępny jest uzwojony, co ułatwia pograżanie w gruncie. Buława dogęszczająca oraz świder dogęszczający w środkowej części rozpychają grunt w trakcie wiercenia oraz wyciągania wiertła. Żerdź wiertnicy stanowi jednocześnie rdzeń świdra wstępnego.

Po osiągnięciu przez wiertło projektowanej rzędnej następuje formowanie pala. Pompowana jest mieszanka betonowa pod ciśnieniem przy jednoczesnych obrotach i unoszeniu wiertła do góry.

Buława dogęszczająca powoduje ponowne przemieszczenie gruntu wokół poboczniczy pala.

Po zakończeniu etapu betonowania montuje się zbrojenie pala.

Przykładowe parametry technologiczne wykonywania kolumn betonowych CMC o średnicy $D = 0,36$ m wynoszą:

- średnica świdra 360 mm,
- maksymalna prędkość obrotowa podczas wiercenia 26–27 obr./min,
- maksymalny moment obrotowy 83 kNm,
- maksymalna siła docisku uzyskiwana przy pomocy kafara 150 kN,
- prędkość wępu do ośrodek gruntowy do 80 cm/min,
- ciśnienie podawania mieszanki betonowej
 - a) podczas formowania stopy pala 2,5–3 MPa
 - b) podczas podciągania świdra ok. 1–1,5 MPa.

Pale przemieszczeniowe można stosować w różnego rodzaju warunkach gruntowych: luźnych piaskach, miękkoplastycznych glinach, gruntach organicznych oraz w gruntach pochodzenia antropogenicznego.

Wzdłuż poboczniczy i pod podstawą pala zachodzi dogęszczenie gruntu, co zwiększa nośność pala. Ograniczenia występują dla gruntów spoistych twardoplastycznych, półzwarłych i zwartych oraz niespoistych średnio zagęszczonych i zagęszczonych. W przypadku ich przewarstwienia gruntami zagęszczalnymi urobek z warstw mocniejszych jest przemieszczany do warstw słabszych.



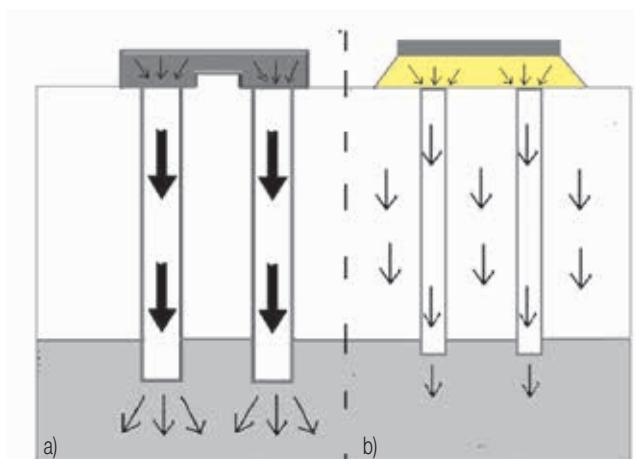
Ryc. 2. Palownica w trakcie wykonywania kolumn CMC

Dobór parametrów mieszanki betonowej pozwala na osiągnięcie projektowanego stosunku sztywności kolumny (pala) do otaczającego gruntu.

W zależności od założeń projektowych można uzyskać kompozyt gruntu oraz kolumn, które współpracują jako zhomogenizowana struktura o zwiększonej nośności lub sztywne pale fundamentowe przejmujące całe obciążenie.

Projektowanie kolumn CMC

Kolumny CMC projektuje i wykonuje się tak, aby nastąpiła dystrybucja obciążeń na grunt (od 5 do 40% obciążeń) i na kolumny [5]. Gdy kolumny pracują w grupie, to zadanie może być modelowane jako płaski stan odkształcenia lub zadanie osiowo-symetryczne [5]. Obciążenie przekazywane jest na



Ryc. 3. Przekazywanie obciążeń na grunt przez a) pale, b) kolumny CMC

kolumny za pomocą warstwy gruntu nasypowego. Różnice w sposobie przekazywania obciążeń na pale fundamentowe oraz kolumny CMC przedstawiono na rycinie 3.

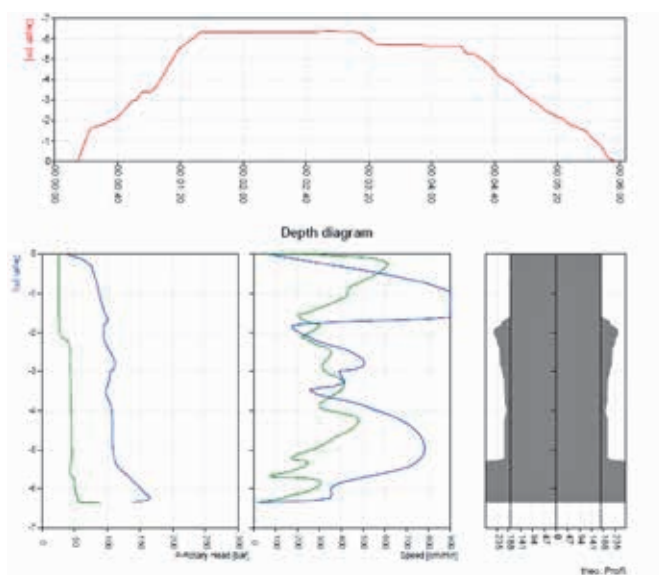
Zgodnie z zaleceniami normy [6], podstawową metodą projektowania pali są próbne obciążenia statyczne. Obliczenia nośności na podstawie sondowań CPT oraz metod analitycznych uzupełniają możliwości projektowania.

Badania kontrolne

Stosowany sprzęt zapewnia pełny monitoring oraz analizę bieżących pomiarów dokonywanych w trakcie wiercenia oraz betonowania kolumn (ryc. 4 i 5.).



Ryc. 4. Monitoring wykonywania kolumn CMC



Ryc. 5. Parametry kolumny rejestrowane w trakcie wykonywania



Ryc. 6. Stanowisko do próbnych obciążeń statycznych: a) montaż, b) w trakcie badania

Rejestrowane są parametry pograżania lub unoszenia wiertła, długość kolumny, ciśnienie i wydatek betonu.

Badania ciągliwości kolumn betonowych można wykonać metodą niskoenergetyczną PIT, która polega na pomiarze czasu powrotu fali akustycznej odbitej od podstawy pala. Analiza otrzymanych sygnałów pozwala na wykrycie ewentualnych uszkodzeń kolumny.

Badania nośności kolumn przeprowadza się za pomocą próbnych obciążeń statycznych. Ze względu na brak zbrojenia kolumn CMC stosuje się stanowiska balastowe (ryc. 6).

Charakter funkcji przemieszczenie – obciążenie jest typowy dla pali przemieszczeniowych (ryc. 7).

Podsumowanie

Główne zalety technologii pali przemieszczeniowych stanowią względy ekologiczne, ekonomiczność oraz nośność pali i jednocześnie wzmocnienie podłoża.

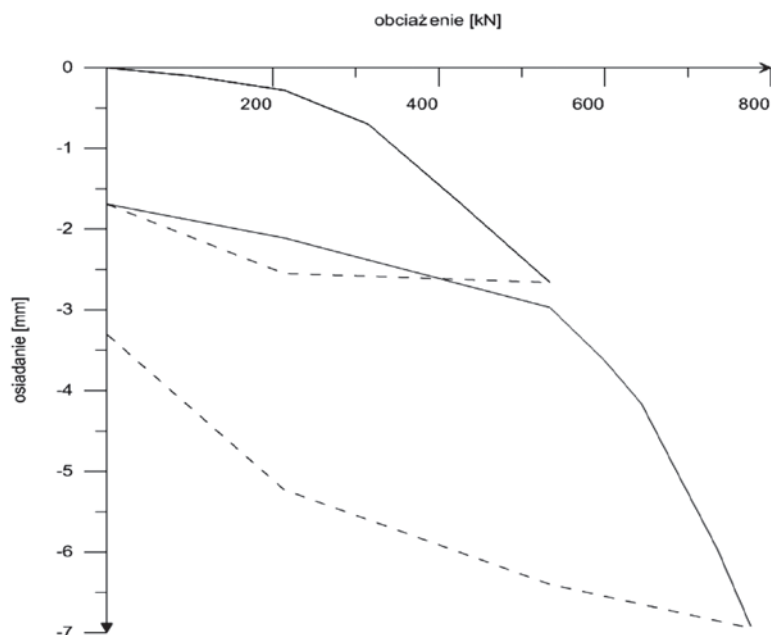
Zalety ekologiczne to brak urobku w trakcie formowania kolumny, nie występują wibracje i hałas oddziałujące na otoczenie budowy.

Zalety ekonomiczne polegają na mniejszym zużyciu betonu w porównaniu do pali wierconych o tej samej średnicy, wysokiej nośności pali, dużej wydajności wykonywania. Wydajność jest uzależniona od warunków gruntowych, długości pali.

Dogęszczanie gruntu dookoła poboczniczy pala poprawia warunki posadowienia dzięki zmniejszeniu ściśliwości ośrodka kolumny – grunt w skali globalnej, pozwala wykorzystać warstwy słabe i osiągnąć wysokie nośności pali.

Technologia pali przemieszczeniowych jest uniwersalna ze względu na możliwość stosowania w gruntach ściśliwych, organicznych, antropogenicznych.

Mimo wymienionych zalet technologia nie jest rozpowszechniona wśród projektantów z powodu braku zaleceń w zakresie obliczania nośności pali oraz złożonego sposobu przekazywania obciążeń.



Ryc. 7. Wyniki próbnego obciążenia kolumny CMC, $\varnothing = 360$

Literatura

- [1] Gwizdała K.: *Fundamenty palowe. Technologie i obliczenia*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2010.
- [2] PN-EN 1536:2001 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale wiercone*.
- [3] PN-EN 12699:2003 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale przemieszczeniowe*.
- [4] Stilger-Szydło E.: *Posadowienia budowli infrastruktury transportu lądowego. Teoria – projektowanie – realizacja*. DWE. Wrocław 2005.
- [5] Varaksin S., Hamidi B., Racinais J.: *The thin line between Deep Foundation and Soil Improvement*. IS-GI. Brussels 2012. Organised by TC 211 of ISSMGE TC 211 International Symposium & short courses Recent Research, Advances & Execution Aspects of GROUND IMPROVEMENT WORKS.
- [6] PN-EN 1997-1:2008/Ap1:2010 Eurokod 7. *Projektowanie geotechniczne. Cz. 1. Zasady ogólne*.

